

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 02349

(54) Commutateur optique à commande mécanique et dispositif optoélectronique de sélection de programme comportant un tel commutateur.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 7). G 02 B 27/17, 7/26; H 04 B 9/00; H 04 Q 3/00.

(22) Date de dépôt..... 12 février 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 33 du 19-8-1983.

(71) Déposant : THOMSON-CSF TELEPHONE, société anonyme. — FR.

(72) Invention de : Luc Jeunhomme.

(73) Titulaire : *idem* (71)

(74) Mandataires : P. Guilguet, Thomson-CSF, SCPI,
173, bd Haussmann, 75360 Paris Cedex 08.

1

COMMUTATEUR OPTIQUE A COMMANDE MECANIQUE
ET DISPOSITIF OPTOELECTRONIQUE DE SELECTION DE PROGRAMME
COMPORTANT UN TEL COMMUTATEUR

La présente invention se rapporte aux commutateurs optique à
5 commande mécanique utilisés pour des liaisons par fibres optiques qui
permettent par exemple de sélectionner des programmes de télévision.

De nombreux commutateurs optiques mettant en oeuvre des effets
électro-optiques ou magnéto-optiques sont connus. Ces commutateurs
présentent l'avantage d'obtenir des temps de commutation très courts.
10 Cependant lorsque la rapidité de commutation n'est pas un paramètre
primordial, les commutateurs à commande mécanique présentent des
avantages importants :

- faibles pertes d'insertion ;
- faible diaphonie entre voies adjacentes.

15 L'invention appartient à cette catégorie de commutateur. Il faut
entendre par commutateur, soit des dispositifs permettant le couplage
optique sélectif d'une fibre incidente avec une fibre sélectionnée parmi
deux fibres émergentes ou plus, soit des cellules de commutation $1 \times N$,
soit la commutation matricielle de $N \times N$ fibres. Dans notre invention il
20 s'agit d'une cellule de commutation $1 \times N$. Les termes "incident" et "émer-
gent" ne sont en aucune façon limitatifs d'un procédé particulier de
transmission et n'indiquent pas notamment, que les transmissions soient
unidirectionnelles.

On distingue deux problèmes très liés et essentiels dans la réalisa-
25 tion des commutateurs optiques. L'un de ces problèmes réside dans la
commutation proprement dite c'est-à-dire le transfert du signal lumineux
d'une fibre vers une autre, et l'autre réside dans la réalisation de
dispositifs peu encombrants, ayant de faibles pertes et permettant d'ob-
tenir un grand nombre de points de commutation.

30 Une des solutions rencontrées dans l'art antérieur pour résoudre le
premier problème consiste à utiliser des éléments optiques intermédiaires
du type miroir ou prisme. L'inconvénient majeur de cette méthode est
qu'elle présente des pertes assez considérables.

Les solutions apportées par l'art antérieur pour résoudre le deuxième problème peuvent être illustrées à titre d'exemple non limitatif, par les articles suivants :

- première solution proposée dans l'article de YOUNG et CURTIS "Cascaded multipole switches for single mode and multimode optical fibres",
5 paru dans la revue Electronics Letters du 6 août 1981, Vol 17 - N°16 ;
- deuxième solution proposée dans l'article de MILLER, KUMMER, METTLER et RIDGWAY, "Single mode optical fibre Switch", paru dans la revue Electronics Letters du 25 septembre 1980 vol 16 - N°20 et ;
- 10 - troisième solution proposée dans la communication de OGIIWARA, YOKOYAMA et OHMORI parue dans la revue Optical and Quantum Electronics 12 (1980), à la rubrique "Short Communication".

Dans la première méthode les cascades successives de cellules de commutation 1 X 2 entraînent une accumulation des pertes d'insertion à chaque
15 point de commutation 1 X 2.

Dans la deuxième méthode, le commutateur 1 X 93 proposé est volumineux, et une diminution du nombre des sorties ne ferait pas diminuer la taille de façon significative car les fibres sont disposées en rosace. D'autre part le déplacement mis en jeu nécessite de laisser une séparation
20 importante entre la fibre centrale et les fibres périphériques, ce qui conduit à des pertes relativement élevées.

L'invention propose un commutateur peu encombrant permettant un positionnement rigoureux des fibres les unes par rapport aux autres et ne nécessitant pas l'introduction d'éléments optiques intermédiaires. Elle
25 permet la commutation d'une fibre sur un ensemble de N fibres.

Une application intéressante de l'invention est la réalisation d'un dispositif optoélectronique sélecteur de programme de télévision.

L'invention a donc pour objet un commutateur optique à commande mécanique pour établir des couplages sélectifs entre une des fibres d'un
30 ensemble de fibres incidentes et une fibre émergente, principalement caractérisé en ce qu'il comprend :

- un premier support mobile ayant la forme d'un cylindre de section circulaire ayant une première et une deuxième sections terminales, pouvant tourner autour d'un premier axe longitudinal passant par le centre

de chacune de ses sections, ce support étant muni d'un ensemble de rainures disposées régulièrement suivant le sens longitudinal dans chacune desquelles est logée une fibre optique incidente qui pénètre par la première section jusqu'à une distance déterminée de la deuxième section ;

- 5 - un deuxième support mobile dans lequel est logé la fibre émergente dont une extrémité de longueur déterminée est libre, ce support ayant une première (I) et une deuxième (II) positions stables prédéterminées, l'une de ces positions permettant d'effectuer un couplage sélectif entre la fibre incidente et une fibre émergente, la fibre émergente se logeant alors à
10 l'intérieur de la rainure qui contient la fibre incidente.

Les particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description qui suit, non limitative, se rapportant à un mode de réalisation, et à l'aide des figures annexées qui représentent :

- 15 - figure 1, un exemple de réalisation d'un commutateur optique selon l'invention.
- figure 2, une coupe longitudinale du commutateur après la phase de commutation.
- figure 3, un détail de réalisation illustrant le positionnement des fibres.
20 - figure 4, une variante de réalisation.
- figure 5, une réalisation concrète de l'invention.
- figure 6, un détail de réalisation.
- figure 7, un dispositif optoelectronique mettant en oeuvre un commutateur selon l'invention.

- 25 Les figures 1 et 2 illustrent un premier exemple d'exécution de commutateur optique selon l'invention. Le commutateur de l'invention, constituant dans l'exemple précis des figures 1 et 2 une cellule de commutation 1 X 16, comporte deux parties mobiles.

- 30 Une première partie comprend un barillet 1 cylindrique d'épaisseur d déterminée, portant les fibres optiques d'entrées E1, E2 - E16 amenées par un câble non représenté sur la figure.

Une deuxième partie comprend un support articulé 3 portant une fibre optique de sortie, unique S. Les qualificatifs de fibres optiques d'entrée et de sortie se réfèrent bien entendu à l'application particulière

qui est faite dans l'exemple de réalisation décrit ci-après. Ces qualificatifs sont relatifs au sens vers lequel circule l'information transportée par le signal lumineux transmis par les fibres, cette information pouvant circuler en sens inverse pour une toute autre application.

5 Pour des raisons de commodité de compréhension on se référera dans la description à un repère mentionné sur la figure 1.

Ce repère comporte les trois axes X, Y, Z définissant l'espace et les références des angles $+90^\circ$ et -90° .

10 Sur la figure 1, toutes les fibres sont parallèles à l'axe X. Les sections terminales 4 et 5 du barillet 1 sont placées dans un plan parallèle au plan de référence YZ. Le support 3 est placé devant l'une de ces sections 4, le bout 6 de la fibre 5 étant situé au-dessous du centre C de cette section 4, dans le plan XY et à l'intérieur du barillet. Cette première disposition définit une première position stable I. Pour la clarté de la figure le bout
15 de la fibre 5 est placé au-dessus du centre C, mais pour obtenir plus de précisions il est préférable qu'il soit placé plus bas.

Une deuxième position stable II est illustrée par la figure 2, dans laquelle la fibre 5 a subi une rotation d'un angle déterminé θ dans le plan XY, la fibre optique d'entrée présélectionnée à l'aide du barillet présentant son extrémité dans le même axe que celle de la fibre 5. Pour ce faire,
20 le barillet 1 tourne autour de l'axe X d'un angle α déterminé afin que la fibre sélectionnée parmi les quinze autres soit dans le plan XY, en bas (-90°) selon le plan de référence. Cette position correspond à la phase de transmission du signal qui s'effectue après la phase de commutation, la
25 commutation étant définie par le passage de la position I à la position II.

Les fibres d'entrée pénètrent en partie dans des rainures rectilignes, R1, ... R16 aménagées à cet effet dans la partie pleine du cylindre d'épaisseur d et sont retenues par un bouchon de résine 7 coulé au fond du barillet 1. Les embouts des fibres sont tous rigoureusement à égale
30 distance du bord de la section 4.

Le support 3 comprend un bras 8 articulé et un tube 9, solidaires l'un de l'autre. Le bras 7 est articulé autour d'un axe z parallèle à l'axe Z passant par un point référencé A. Le tube 9 est perpendiculaire au bras 8 et solidaire de la fibre optique de sortie S, cette fibre étant logée

également dans une rainure aménagée à cet effet. L'extrémité de cette fibre est libre et sort du tube 9. Le support est placé à une distance telle du barillet que l'extrémité de la fibre pénètre en partie à l'intérieur du barillet. De plus elle est placée au-dessus de la rainure dans laquelle est
5 logée la fibre sélectionnée par exemple E13. Par un mouvement de rotation du bras autour de l'axe z (l'angle θ décrit se trouvant dans le plan XY) le support permet de placer la fibre dans le zone de la rainure sélectionnée. L'élasticité de l'extrémité de la fibre fait que celle-ci balaye l'un des flancs de la rainure et vient se loger exactement dans le
10 fond.

Les fibres optiques utilisées dans ce type de réalisation ont des dimensions standardisées, le diamètre extérieur est de l'ordre de 125 μ m et le diamètre interne est de l'ordre de 50 μ m. Les tolérances de positionnement doivent être très strictes pour obtenir un minimum de
15 pertes.

La principale difficulté pour obtenir un positionnement rigoureux lors du couplage est d'une part de définir avec précision la position de la fibre sortante dans l'axe de la rainure contenant la fibre entrante et d'autre part de définir la position extrême donnant un écartement
20 minimum entre les deux extrémités des fibres.

Un détail de réalisation met bien en évidence le positionnement des fibres dans une rainure est illustré par la figure 3. Ce positionnement peut être obtenu en utilisant des rainures en forme de V creusées dans le matériau du support. Divers procédés sont connus pour réaliser des
25 rainures et pour obtenir des flancs avec une inclinaison très précise, notamment par la demande de brevet déposée le 18 mai 1978 sous le n°78 14 763 et publiée sur le N°2 426 271. Lorsque la fibre 8 est abaissée et qu'elle touche l'un de ces flancs, elle glisse contre le flanc et vient se loger dans le fond 12 de la rainure. On obtient ainsi un mésalignement
30 axial minimum entre deux fibres en regard et ayant le même diamètre. Le positionnement peut également être réalisé en utilisant des rainures en forme de U. Ces rainures sont réalisées en creusant un canal ayant un fond plat et des parois verticales. La largeur du fond plat est prédéterminée afin de limiter le mouvement transversal que pourrait alors

avoir la fibre, ceci afin d'obtenir un mésalignement axial minimum.

La figure 4 illustre une variante de réalisation dans laquelle les fibres optiques d'entrées se situent sur la périphérie du barillet. Dans ce cas le support portant la fibre de sortie 5 est muni par exemple d'un bras plus long que dans la 1^{ère} réalisation pour que la fibre 5 soit placée en haut du barillet et non en bas. En effet pour effectuer le couplage, le barillet 1 tourne d'un angle prédéterminé de manière à ce que la fibre sélectionnée se trouve dans le plan vertical XY, en haut (+90°). La fibre de sortie est alors abaissée à l'aide du support 3 articulé. Elle frotte contre l'un des flancs de la rainure et va se loger au fond 12. Les fibres d'entrées sont bien entendu maintenant dans les rainures par une enveloppe de résine coulée entre le barillet et un anneau 13 externe solidaire du barillet.

La figure 5 illustre un exemple de réalisation concrète d'un commutateur optique selon l'invention dont un détail est illustré par la figure 6. Le barillet 1 est maintenu à l'aide de deux roussinets 14 fixés à un socle 15.

Ce barillet 1 est entouré d'un anneau fileté 16 qui lui est solidaire. L'anneau 16 est en contact avec une vis sans fin 17 couplée sur l'arbre d'un moteur pas-à-pas 18.

Sur la figure 6 un détail est mis en évidence. En effet des précautions ont été prises afin d'éviter tout contact de fibres en cas de dérèglement du système de commande du moteur 18. Ainsi donc, une (ou plusieurs) rainure 16a de l'anneau 16 est (sont) soigneusement obstruée(s). Ainsi, le moteur 18 continuerait de tourner sans entraîner le barillet 1. Le support 3 est solidaire du socle 15 par l'intermédiaire d'un bâti 19. Le bras 8 est solidaire de ce bâti par l'intermédiaire de l'articulation 4. L'extrémité du bras 8 est prolongée en formant un coude avec le bras 8. Cette extrémité 20 est constituée par un matériau magnétique autour duquel est placé un bobinage 21 de manière à réaliser un électro-aimant.

Un ressort 22 est fixé entre le bras 8 et le bâti 19 pour contribuer à la rotation du bras 8 et pour le maintenir incliné par rapport à la verticale (position II).

Lorsque l'électro-aimant 20-21 est excité, il se crée une force

électromagnétique qui tend à attirer l'extrémité 20 vers l'intérieur du bobinage 21. Le bras 8 tire sur le ressort 22 qui se détend (sa constante de raideur ayant été choisie pour avoir une force de rappel inférieure à la force électromagnétique créée par l'électro-aimant). Le bras se trouve
5 alors dans la position I. Le moteur pas-à-pas et l'électro-aimant 20-21 sont commandés par une logique 23 qui reçoit un ordre extérieur Cd.

Lorsqu'on cesse d'exciter le bobinage 21, la force électromagnétique s'annule, le ressort 22 reprend sa position de repos, entraînant le bras. Pour obtenir plus de précision une butée 24 solitaire de bâti 19 est prévue
10 pour limiter le mouvement du bras 8 autour du point A. Le bras se trouve alors dans la position II.

La logique 23 permet de connaître la position du barillet et d'envoyer au moteur 18 un signal 11 comportant un nombre d'impulsions fonction de l'angle de rotation α désiré.

15 Cette logique 23 permet également d'envoyer un signal d'excitation 12 à l'électro-aimant 20-21 dès que l'on tente de modifier la position du barillet 1. L'excitation de l'électro-aimant ne dure que pendant la commutation.

Cette réalisation particulière permet, grâce aux précisions mécaniques obtenues d'obtenir un écartement α minimum.
20

Une application intéressante de l'invention est la réalisation d'un dispositif de sélection de programme de télévision.

la figure 6 représente un schéma de cette application.

On dispose d'un réseau de distribution de programme pour un
25 ensemble de M abonnés par exemple, et on dispose d'un ensemble de N programmes P1 - PN. Chaque programme module une source lumineuse L1 - LN par le signal émis. Le signal lumineux modulé ainsi obtenu est transmis par M fibres pour chaque programme. On forme M sous ensembles comprenant N fibres, chaque fibre transportant un programme
30 distinct. Ces M sous ensembles sont raccordés respectivement à M commutateurs $1 \times N$, M1 - MN, selon l'invention. Chaque abonné dispose d'un commutateur selon l'invention et peut ainsi sélectionner un programme parmi N. Lorsque l'abonné J a envoyé la commande de commutation, la fibre optique de sortie S_j du commutateur MJ de l'abonné est

commutée face à la fibre d'entrée du commutateur MJ qui véhicule le programme désiré. Suivant la valeur de M, la puissance des émetteurs optiques et la distance à laquelle se trouve l'abonné, le signal peut lui être transmis directement par la fibre optique ou bien, on peut le régénérer à
5 travers un détecteur optoélectronique et des circuits appropriés d'amplification et de réémission.

REVENDICATIONS

1. Commutateur optique à commande mécanique pour établir des couplage sélectifs entre une des fibres d'un ensemble de fibres incidentes et une fibre émergente, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un premier support (1) mobile ayant la forme d'un cylindre de section
5 circulaire ayant une première et une deuxième sections terminales, pouvant tourner autour d'un premier axe (X), longitudinal, passant par le centre (C) de chacune de ses sections, ce support étant muni d'un ensemble de rainures (R1 - R16) disposées régulièrement suivant le sens longitudinal (X), dans chacune desquelles est logée une fibre optique
10 incidente (E1 - E16) qui pénètre par la première section (4) jusqu'à une distance déterminée de la deuxième section (5) ;
- un deuxième support (3) mobile dans lequel est logé la fibre émergente (5) dont une extrémité (6) de longueur déterminée est libre, ce support ayant une première (I) et une deuxième (II) positions stables prédétermi-
15 nées, l'une de ces positions permettant d'effectuer un couplage sélectif entre la fibre incidente et une fibre émergente, la fibre émergente (5) se logeant alors à l'intérieur de la rainure (R13) qui contient la fibre incidente (E13).

2. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le
20 premier support (1) est un cylindre creux comportant un ensemble de rainures rectilignes (R1 - R16) en V, pratiquées à l'intérieur de ce premier support (1), dans lesquelles sont logées les fibres incidentes (E1 - E16) maintenues dans ces rainures par un bouchon de résine (7) coulé dans le creux du cylindre (1).

25 3. Commutateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier support (1) comporte un ensemble de rainure rectilignes (R1 - R16) en V, pratiquées sur sa surface extérieure dans lesquelles sont logées les fibres incidentes (E1 - E16) maintenues dans les rainures par une enveloppe de résine coulée entre le support et un anneau externe (13)
30 solidaire du premier support (1).

4. Commutateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un anneau fileté (15) solidaire du premier support (1) et entourant ce support ;
 - une vis sans fin (17) placée suivant un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal (X) pour entraîner cet anneau en rotation ;
 - 5 - un moteur (18) dont l'arbre est couplé avec la vis, pour entraîner cette vis dans l'un ou l'autre sens, sur commande d'un premier signal donné (11).
5. Commutateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le deuxième support (3) comprend :
- un bras (8) articulé autour d'un deuxième axe (Z) perpendiculaire à l'axe longitudinal (X) ;
 - 10 - un tube (9) fixé sur le bras (8) portant la fibre émergente pour qu'elle reste dans un plan contenant le premier axe (X) ;
 - un bâti (19) pour supporter le bras (8) par l'intermédiaire d'une articulation (A) permettant le débattement du bras autour du deuxième
 - 15 axe :
 - un ressort (22) fixé entre le bras (8) et le bâti (19) pour maintenir le bras (8) dans la première position (I) ;
 - un électro-aimant (20 - 21) pour attirer le bras (8) dans la deuxième position (II) sur commande d'un deuxième signal donné (12).
- 20 6. Commutateur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend une logique (23) pour émettre les premiers et deuxièmes signaux sur une commande extérieure (Cd), selon une séquence permettant de changer le couplage entre la fibre émergente et la fibre incidente.
- 25 7. Commutateur selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'anneau fileté (16) comporte dans son filetage une zone (16a) obstruée permettant de limiter le mouvement du premier support à une valeur inférieure à 360° ;
8. Dispositif optoélectronique de sélection du programme comprenant :
- 30 - N ensembles de M fibres optiques ;
 - N sources lumineuses (L1 - LN), pour émettre N signaux lumineux modulés sur les N ensembles sous la commande de N signaux électriques (P1 - PN) ;
 - M commutateurs selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,

chaque commutateur comportant N fibres optiques incidentes provenant chacune d'un ensemble distinct, et une fibre optique émergente pour transmettre le signal provenant d'une fibre parmi les N vers la fibre émergente.

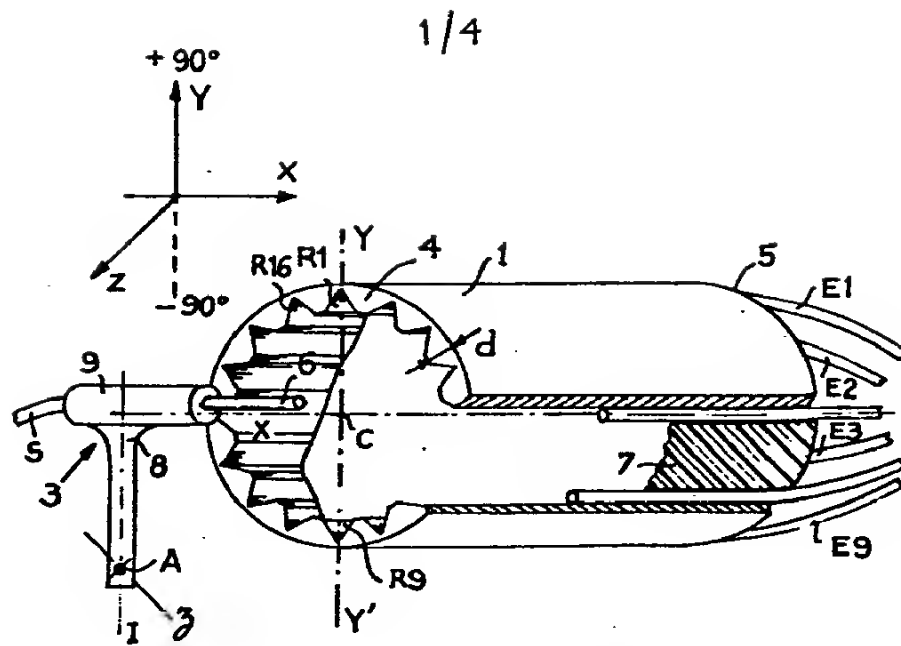


Fig. 1

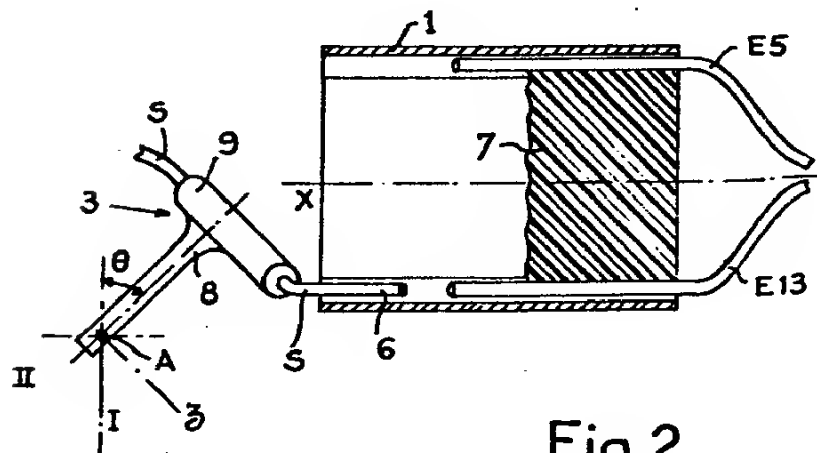


Fig. 2

4/4

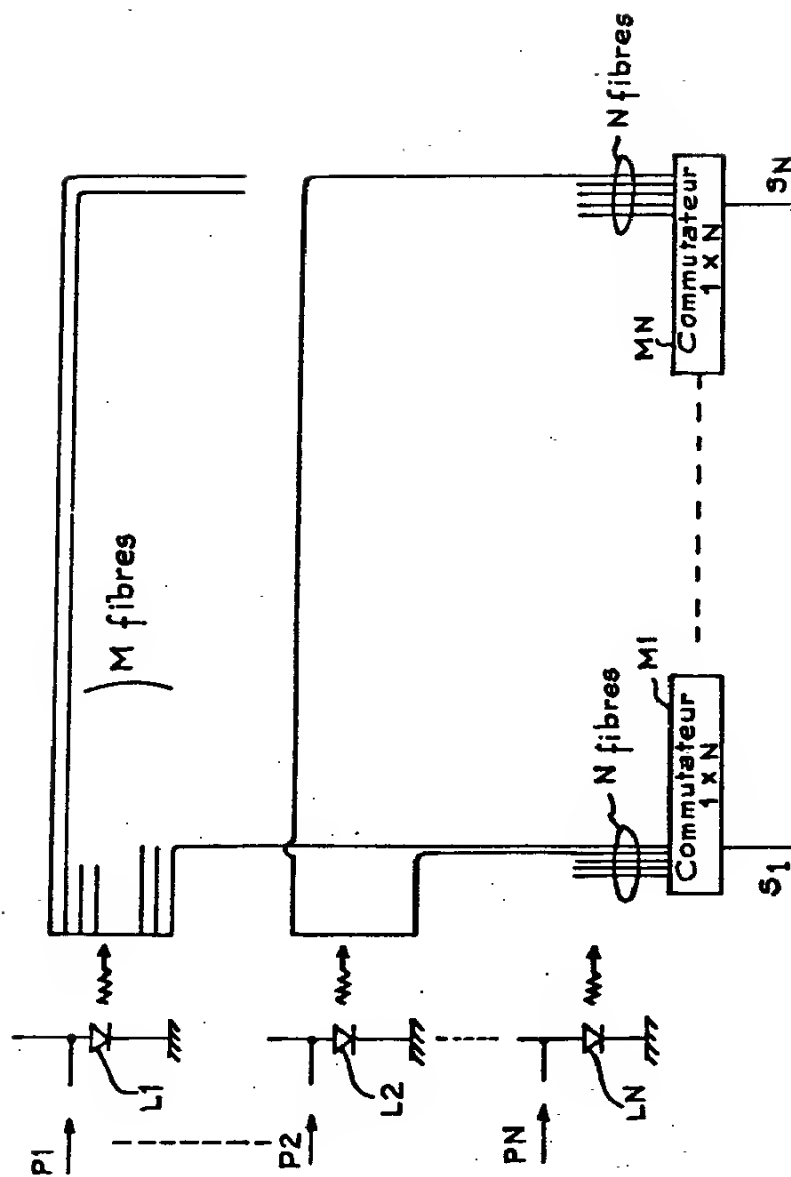


Fig.7